

(19)

62154008 A

(11) Publication number:

Generated Document.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 60293095

(51) Intl. Cl.: G05D 1/02

(22) Application date: 27.12.85

(30) Priority:

(43) Date of application
publication: 09.07.87

(84) Designated contracting
states:

(71) Applicant: HITACHI LTD

(72) Inventor: OGASAWARA HITOSHI

(74) Representative:

(54) TRAVEL CONTROL METHOD FOR SELF- TRAVEL ROBOT

(57) Abstract:

PURPOSE: To run a robot by approaching to a wall or hindrance a great deal by causing the robot to make a U-turn or go back at a pitch corresponding to a distance up to the wall or hindrance in the direction perpendicular to its straight travel direction when a reciprocating action at a fixed pitch, which includes an alternate straight travel and U-turn,

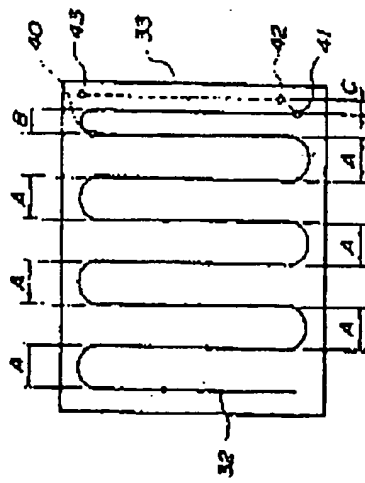
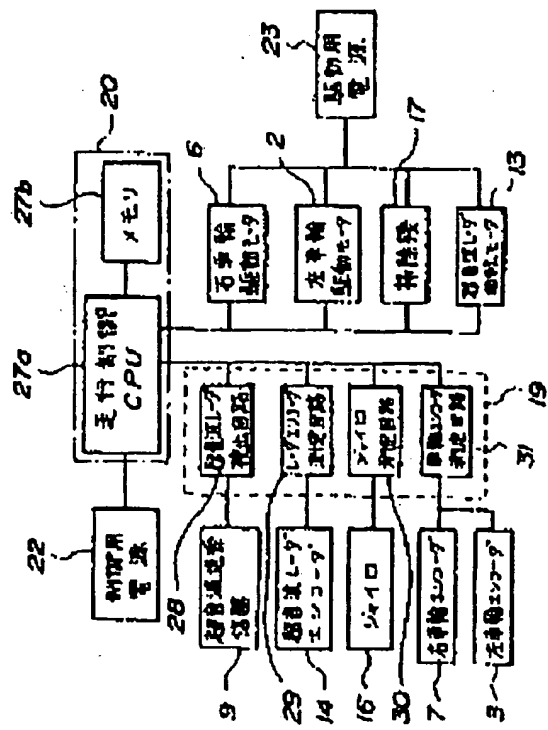
B9

cannot be attained.

CONSTITUTION: Position coordinates of the self-cleaning robot and those of the wall or hindrance are stored in a memory 27b. A scene map expressing the position relationship between the robot and the wall or hindrance is generated, and therein the travel route of the self-cleaning robot is drawn. Namely, said robot is caused to make a U-turn and travel straight repeatedly, and to travel in zigzags at the 1st pitch. If the distance between the boundary in the prescribed area and the self-travel robot in the direction perpendicular to the straight travel direction comes to a value where the U-turn fails at the 1st pitch, the robot is caused to make a U-turn, or to go back or slew, and to travel at a pitch corresponding to said distance.

COPYRIGHT: (C)1987,JPO&Japio

BEST AVAILABLE COPY



⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-154008

⑬ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和62年(1987)7月9日

G 05 D 1/02

H-7052-5H

審査請求 未請求 発明の数 1 (全12頁)

⑮ 発明の名称 自走ロボットの走行制御方法

⑯ 特 願 昭60-293095

⑰ 出 願 昭60(1985)12月27日

⑱ 発 明 者 小 笠 原 均 横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所家電研
究所内

⑲ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑳ 代 理 人 弁理士 武 願次郎 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

自走ロボットの走行制御方法

2. 特許請求の範囲

走行距離測定手段と、走行方向測定手段と、超音波によつて物体までの距離および方向を測定する超音波物体検知手段と、該走行距離測定手段と該走行方向測定手段とから得られる自己位置座標と該超音波物体検知手段から得られる該物体の位置座標とを記憶する記憶手段とを備えた自走ロボットを所定領域内を走行させるようにした走行制御方法において、該自走ロボットを、直進走行、Uターンを繰り返して第1のピッチでジグザク走行させるとともに、該直進走行方向に垂直な方向での前記所定領域の境界と該自走ロボットとの間の距離が前記第1のピッチでのUターンが不可能な値になったとき、該距離に応じたピッチでUターンもしくは後進旋回させて走行させることを特徴とする自走ロボットの走行制御方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、自律走行して掃除を行なう自動掃除機などに用いて好適な自走ロボットの走行制御方法に関する。

(従来の技術)

室内を自動掃除機によつて掃除する方法として、自動掃除機を、通常は直進走行させ、前方に壁や障害物があつて直進走行不能となつた場合には、Uターンさせ、直進とUターンとを繰り返して室内全体を同一ピッチで往復走行させるのが一般である。そして、自動掃除機が壁ぎわや障害物のきわに達してUターンができなくなると、掃除が終了したと判定する。

しかしながら、自動掃除機がUターンするためにはそれだけの空間が必要であるから、自動掃除機が壁や障害物に近づいてUターンができず、掃除が終つたと判定しても、壁ぎわあるいは障害物のきわには、掃除されない部分が残る場合がある。すなわち、自動掃除機を同一ピッチで往復走行させて掃除を行なうと、壁ぎわや障害物の

きわまで充分には掃除ができないことになる。

かかる問題を解消する方法として、たとえば特開昭55-97608号公報に開示されるように、自動掃除機の走行方向に対して左右に移動可能な塵芥の吸引口ブラシを設け、横方向へ1ピッチ移動するためのUターンができないときは、吸引口ブラシのみ横方向に必要な距離だけ移動させる方法が知られている。この方法によると、自動掃除機が壁や障害物の近くに達してUターンができなくなると、吸引口ブラシのみを壁ぎわや障害物のきわまで移動させ、自動掃除機を逆走行させることによつて室内の隅々まで掃除できる。

(発明が解決しようとする問題点)

ところで、かかる従来技術によると、吸引口ブラシの位置および駆動タイミングを考慮した直進行、Uターンの走行制御と吸引口ブラシの駆動制御とが必要となり、制御が複雑になるとともに、制御に時間がかかるという問題があつた。また、吸引口ブラシの駆動装置が必要となるために、掃除機を搭載した自走ロボット本体が大型化、重量

化し、機動性が損なわれて掃除時間が長くなつてしまふし、この大型化、重量化と吸引口ブラシの駆動を必要とすることから、消費電力が増大するという問題があつた。

本発明の目的は、かかる従来技術の問題点を解消し、壁ぎわや障害物のきわの作業残りを失くし、迅速かつ簡単な自走ロボットの走行制御方法を提供することにある。

(問題点を解決するための手段)

自走ロボットが直進走行とUターンとの交互の動作による一定ピッチの往復動作ができなくなつたときに、該自走ロボットの自己位置から該自走ロボットの直進走行方向に垂直な方向での壁あるいは障害物までの距離に応じたピッチで、該自走ロボットをUターンあるいは後退させる。

(作用)

自走ロボット自体を壁あるいは障害物に充分近接して走行させる。

(実施例)

以下、本発明の対象となる自走ロボットを掃除

機を搭載した自走ロボット(以下、自走掃除ロボットという)とし、本発明の実施例を説明するが、まず、自走掃除ロボットの構成について説明する。

第2図はこの自走掃除ロボットの一具体例を示す斜視図であつて、1は左車輪、2は左車輪駆動モータ、3は左車輪エンコーダ、4は歯車ケース、5は右車輪、6は右車輪駆動モータ、7は右車輪エンコーダ、8は歯車ケース、9は超音波送受信器、10は回転円板、11は回転軸、12はパラボラアンテナ、13は超音波レーダ回転モータ、14は超音波レーダエンコーダ、15は歯車ケース、16はジャイロ、17は掃除機、18はごみ吸口、19は測定回路部、20は走行制御部、21は操作部、22は制御用電源、23は駆動用電源、24はロボット本体フレーム、25はキャスタ、26はロボットボディである。

同図において、ロボット本体フレーム24には、左右に左車輪1、右車輪5が、また、前部中央にキャスタ25が設けられている。左車輪1は、歯車ケース4に収納された歯車を介し、左車輪駆動モータ2と左車輪用エンコーダ3とに連結され、同

様に、右車輪5も、歯車ケース8に収納された歯車を介し、右車輪駆動モータ6と右車輪用エンコーダ7とに連結されている。これにより、左車輪1と右車輪5とは別々のモータによつて駆動され、夫々の車輪の回転数が別々のエンコーダで測定される。

また、ロボット本体フレーム24には、超音波レーダが搭載されている。これは、歯車ケース15に収納された歯車を介して超音波レーダ回転モータ13と回転軸11とが連結され、この回転軸11に、パラボラアンテナ12が一体となり、かつ超音波送受信器9が搭載された回転円板10とからなり、超音波レーダ回転モータ13によつて回転円板10(したがつて、パラボラアンテナ12)を回転軸11を中心に回転させながら、超音波送受信器9で破線で示す指向性の鋭い超音波の送受信を行なう。また、回転軸11は歯車ケース15に収納された歯車を介して超音波レーダエンコーダ14に連結されており、この超音波レーダエンコーダ14によつて回転軸11の回転角、したがつて、超音波の発射方向が検出

される。なお、歯車ケース15は回転軸11を支えるフレームともなっている。

超音波送受信器9から発射された超音波は壁や障害物などに当たると反射され、反射超音波のうちのパラボラアンテナ12に帰ってきたものが超音波送受信器9で受信されるが、超音波が発射されてから受信されるまでの時間と超音波レーダエンコード14によつて検出される超音波の発射方向とから、壁や障害物の位置が測定される。

さらに、ロボット本体フレーム24には、自走掃除ロボットの進行方向の角度変化を計測するためのジャイロ16、掃除機17、測定回路部19、走行制御部20、操作部21、走行制御部20のための制御用電源22、駆動用電源23なども搭載されており、超音波レーダの超音波送受信器9、回転円板10、パラボラアンテナ12や操作部21以外がロボットボディ26で覆われている。掃除機17には、ロボット本体フレーム24の幅にほぼ等しい幅のごみ吸口18が設けられ、自走掃除ロボットの走行とともに、床面（図示せず）でのこのロボット本体フレーム24

の幅にほぼしい幅にわたつて塵芥を吸収する。測定回路部19は超音波レーダのデータ検出回路、ジャイロ16のデータ測定回路および左車輪エンコード3、右車輪エンコード7のデータ測定回路からなり、測定回路19からのデータを用いて走行制御部20は自走掃除ロボットの自己位置、壁や障害物の位置を計算し、計算結果にもとづいて自走掃除ロボットの走行を制御するものである。これら測定回路部19および走行制御部20の電源として制御用電源22が用いられる。左車輪駆動モータ2、右車輪駆動モータ6、超音波レーダ回転モータ13および掃除機17のモータなどの電源としては、駆動用電源23が用いられる。操作部21では、走行方法の切換え、自動走行と手動走行との切換えなどの操作を行なうことができる。

第3図は、第2図における走行制御系の全体を示すシステムブロック図であつて、27aはCPU（中央処理部）、27bはメモリ、28は超音波レーダ検出回路、29はレーダエンコード測定回路、30はジャイロ測定回路、31は車輪エンコード測定回

路であり、第2図に対応する部分には同一符号をつけている。

第3図において、測定回路部19は超音波送受信器9の出力信号を検出する超音波レーダ検出回路28と、超音波レーダエンコード14からのデータを測定するレーダエンコード測定回路29と、ジャイロ16からのデータを測定するジャイロ測定回路30と、左車輪エンコード3および右車輪エンコード7のデータを測定する車輪エンコード測定回路31とからなる。

一方、走行制御部20はCPU27aとメモリ27bとからなる。CPU27aは、測定回路部19の超音波レーダ検出回路28、レーダエンコード測定回路29、ジャイロ測定回路30および車輪エンコード測定回路31の出力データを周期的に取り込んで自走掃除ロボットの自己位置、壁や障害物の位置などを計算し、この結果をメモリ27bに格納するとともに、この結果に応じて左車輪駆動モータ2、右車輪駆動モータ6、超音波レーダ回転モータ13および掃除機17のモータの制御信号を形成する。

自走掃除ロボットは以上の構成をなすものである。

次に、かかる自走掃除ロボットを対象とした本発明の実施例を図面によつて説明する。

第1図は本発明による自走ロボットの制御方法の一実施例を示すフローチャートである。

この実施例は、後に説明する第9図に示すように、基本的には直進とUターンとを繰り返えし、自走掃除ロボットを走行経路32に沿つて移動させるものである。

第1図において、自走掃除ロボットの動作開始時には、CPU27aはメモリ27b（第3図）の内容をクリアし、掃除機17（第2図）のモータを起動させて掃除を開始させ、ステップ1に進む。

ステップ1では、自走掃除ロボットがUターン中であることを表わすフラグ（以下、Uターン中フラグという）をリセットする。

ステップ2では、室内での自走掃除ロボットの自己位置が検出される。ここで、自走掃除ロボットの自己位置の測定方法について説明する。

この自己位置は、左車輪エンコーダ3、右車輪エンコーダ7およびジャイロ16の出力信号をもとに測定される。すなわち、左車輪エンコーダ3からは左車輪1(第2図)の回転速度を表わすデータ(パルス数)が出力され、車輪エンコーダ測定回路31でこのデータから左車輪1の回転数が測定されて、その結果、左車輪1の走行距離 ΔL_1 が測定される。同様にして、右車輪エンコーダ7からは右車輪5(第2図)の回転速度を表わすデータが出力され、車輪エンコーダ測定回路31で右車輪5の走行距離 ΔL_2 が測定される。また、ジャイロ16からは自走掃除ロボットの回転角度を表わす角度データが出力され、このデータからジャイロ測定回路30で、一定時間間隔 Δt おきに、自走掃除ロボットの進行方向の角度変化量 $\Delta \theta$ が測定される。この一定時間間隔おきに、これらデータ ΔL_1 、 ΔL_2 、 $\Delta \theta$ がCPUに取り込まれ、これらデータを計算処理して自走掃除ロボットの自己位置データが得られる。

ここで、自己位置データを得るための計算方法

で表わされ、時点 t 、($-t$ 、 $+ \Delta t$)における自走掃除ロボットの進行方向 θ は、

$$\theta_0 = -\theta_0 + \Delta \theta \quad \dots (2)$$

となる。時点 t における自走掃除ロボットの自己位置を点 b とすると、この点 b の座標(x 、 y)は次のように表わされる。

$$x_b = x_0 - \Delta L \cdot \sin(\theta_0 + \frac{\Delta \theta}{2}) \quad \dots (3)$$

$$y_b = y_0 + \Delta L \cdot \cos(\theta_0 + \frac{\Delta \theta}{2}) \quad \dots (4)$$

ここで、式(3)の右辺の ΔL の前の符号をマイナスとし、式(4)の右辺の ΔL の前の符号をプラスとしたのは、Y軸に対する角度は時計方向をマイナス、反時計方向をプラスとしたためである。自走掃除ロボットが原点Oにあるときの位置座標は(0,0)

について、第4図を用いて説明する。同図に示すように、自己位置データはX-Y座標系の座標として得られる。このX-Y座標は自走掃除ロボットが作業を行なうために部屋の床面に置かれたときに決まり、その置かれた位置を原点Oとし、そのときの直進走行すべき方向をY軸、これに垂直な方向をX軸とする。

同図において、いま、現時点 t での自走掃除ロボットの自己位置を座標(x_0 、 y_0)の点 a とし、この点 a からY軸に対して角度 θ_0 の方向に移動したところ、これより上記一定時間 Δt 後には、自走掃除ロボットの左車輪1の走行距離が ΔL_1 、右車輪5の走行距離が ΔL_2 、進行方向の角度変化量が $\Delta \theta$ であつたとすると、この一定時間 Δt における自走掃除ロボットの走行距離 ΔL は、

$$\Delta L = \frac{1}{2} (\Delta L_1 + \Delta L_2) \quad \dots (1)$$

であつて進行方向は 0° であり、一定時間 Δt 毎に式(1)~(4)の計算を行なつて順次の自己位置とそこの進行方向が得られる。

ステップ3では、壁や障害物の位置が検出される。ここで、壁や障害物の位置の測定方法について、同じく第4図を用いて説明する。

この測定は第2図で示した超音波レーダのデータを用いて行なわれる。いま、第4図において、自走掃除ロボットが点 a にあるものとする、パラボラアンテナ12(第2図)が壁や障害物Sの超音波発射方向に垂直な面(以下、単に垂直面という)に向いたとき、超音波送受信器9(第2図)で反射された超音波はこの垂直面で反射されてこの超音波送受信器9で受信される。そこで、超音波が超音波送受信器9から発射されてから壁や障害物Sの垂直面で反射されてこの超音波送受信器9で受信されるまでの往復時間を ΔT とし、超音波の速度を V とすると、点 a から壁もしくは障害物Sまでの距離 L は、

$$L_s = \frac{1}{2} V \cdot \Delta T \quad \dots (5)$$

で表わされる。

また、超音波レーダエンコーダ14では、パラボラアンテナ12からの超音波の発射および受波方向 θ_s が測定される。この方向は自走掃除ロボットの進行方向からみたものであり、時計方向をマイナス、反時計方向をプラスとしている。

以上のデータ L_s 、 θ_s と点aの座標(x_a 、 y_a)および点aでの自走掃除ロボットの進行方向 θ_a から、壁もしくは障害物Sの位置(正確には、超音波の反射面の位置)の座標(x_s 、 y_s)は次のように表わされる。

$$x_s = x_a - L_s \cdot \sin(\theta_a + \theta_s) \quad \dots (6)$$

$$y_s = y_a + L_s \cdot \cos(\theta_a + \theta_s) \quad \dots (7)$$

以上のようにして、設定されたX-Y座標系に

する。

ステップ7では、ステップ6で前方に壁もしくは障害物がないと判定されたとき、自走掃除ロボットを直進走行させる。この直進走行は、左車輪駆動モータ2と右車輪駆動モータ6(第2図)とを同時に回転させ、左車輪1と右車輪5(第2図)とを駆動することによって行なわれる。

ステップ7からはステップ2に戻るが、ステップ6で前方に壁もしくは障害物ありと判定されない限り、ステップ2、3、4、5、6、7の一連の動作が繰り返され、自走掃除ロボットを直進走行させる。この直進走行中自走掃除ロボットと壁もしくは障害物の位置が検出され、夫々の位置座標が順次メモリ27b(第3図)に格納される。これによつてメモリ27bでは、情景地図が次第に詳しくなり、そこに自走掃除ロボットの走行経路が画かれる。

ここで、第5図により、障害物がない室内において、ステップ6で前方に壁ありと判定するまでの自走掃除ロボットの動作を説明する。

おける自走掃除ロボットの自己位置座標と壁もしくは障害物の位置座標が求まる。

ステップ4では、ステップ2、3で以上のようにして得られた自走掃除ロボットと壁もしくは障害物の位置座標をメモリ27b(第3図)に格納し、壁や障害物の位置関係を表わす情景地図を作成し、そこに、自走掃除ロボットの走行経路を画く。

ステップ5では、Uターン中フラグがセットされているか否かを判定し、セットされていないければ、次のステップ6に進む。

ステップ6では、自走掃除ロボットの進行方向に直進走行を阻げる壁もしくは障害物があるか否かを判定する。先にも説明したように、この実施例においても、自走掃除ロボットを直進走行とUターンとを繰り返しながら走行させるのであるが、CPU27a(第3図)は、自走掃除ロボットとその進行方向での壁もしくは障害物との間隔を計算して常時監視しており、この間隔が自走掃除ロボットのUターン可能な最初のものとなつたとき、ステップ6で前方に壁もしくは障害物ありと判定

まず、自走掃除ロボットは走行開始する前の原点Oにあるときに、超音波レーダによつて壁の位置を検出する。ここで、説明を簡単にするために、壁33、34、35、36はX軸、Y軸のいずれかに平行であるとする。自走掃除ロボットが原点Oにあるときに超音波レーダによつて検出されるのは、壁のX軸、Y軸上の部分(点33a、34a、35a、36a)と壁の角の部分(点33b、34b、35b、36b)である。自走掃除ロボットは原点Oから常にY軸の正方向に直進走行開始するものであり、この場合、上記のようにして、自走掃除ロボットの進行方向の壁の位置は点34aとして予じめ検出されているから、CPU27aによつて壁の点34aと自走掃除ロボットとの間の距離を監視している。

自走掃除ロボットのCPU27aは、かかる直進走行の間も自己位置座標と壁の位置座標とを計算してメモリ27bに格納しており、壁33、34、35、36が順次検出されてメモリ27bで背景地図が次第に出来上つており、その情景地図内で自走掃除ロボットの走行経路32が画かれている。

直進走行中、ステップ6で前方に壁もしくは障害物有りと判定すると、ステップ8に進む。

ステップ8では、自走掃除ロボットを停止させる。

ステップ9では、Uターン中フラグをセットする。

ステップ10では、Uターン方向の切換えを行なう。

先にも説明したように、自走掃除ロボットは直進走行とUターンとを繰り返し行なわせるが、第5図では、軌跡32で示すように、最初のUターンの方向は右方向であるが、次のUターンは左方向に行なわれる。つまり、Uターンする毎にその方向は右、左と交互に変わり、これによつて自走掃除ロボットはY軸方向に往復走行をしつつX軸方向に進むことになる。ステップ10では、このようにUターンの方向を設定する。通常、最初のUターンの方向は右方向に設定されるが、この方向のUターンが不可能な場合には、Uターンの方向を左方向とし、以下、右、左、右・・・と交互に方

向を切換える。

第1図に戻つて、ステップ11~20では、第5図で示すX軸方向での自走掃除ロボットと壁33との間隔 l がいかなる範囲に入るかを判定する。かかる範囲は、 $l > l_1$ (ステップ11)、 $l_1 \geq l > l_2$ (ステップ12)、 $l_2 \geq l > l_3$ (ステップ13)、 $l_3 \geq l > l_4$ (ステップ14)、 $l_4 \geq l > l_5$ (ステップ15)、 $l_5 \geq l > l_6$ (ステップ16)、 $l_6 \geq l > l_7$ (ステップ17)、 $l_7 \geq l > l_8$ (ステップ18)、 $l_8 \geq l > l_9$ (ステップ19)、 $l_9 \geq l > l_{10}$ (ステップ20)がある。

第5図において、間隔 l が充分大きいときには、自走掃除ロボットがUターンする前とUターンした後との直進走行経路のピッチはAであるとする、このピッチAで自走掃除ロボットのUターンが可能な自走掃除ロボットと壁33との間隔 l の最小値がステップ11における l_1 である。

かかるUターンの方法を第6図で説明する。同図において、1'はUターン前の左車輪、1''はUターン後の左車輪、2は右車輪、33は壁、26'

はUターン前のロボットボディ、26''はUターン後のロボットボディ、37'、37''は夫々ロボットボディ26'、26''の左前先端部、38'、38''は夫々ロボットボディ26'、26''の左後先端部である。

同図において、自走掃除ロボットは右方向にUターンするものとする。この場合のUターンは、右車輪5を停止させて左車輪1'を前進方向に駆動し、ロボットボディ26'を右車輪5を中心に180°旋回させる。かかるUターンを行なうことにより、ロボットボディ26'、26''の直進方向の中心線の間隔がピッチAであり、これは左車輪1'と右車輪5との間隔Wに等しい。掃除機17のごみ吸口18(第2図)の幅はロボットボディ26'、26''の幅にほぼ等しいから、Uターン前後の掃除範囲は図示する量Eだけオーバーラップする。

かかるUターンは、ロボットボディ26'の先端から車輪軸までの距離、右車輪5からロボットボディ26'の左前先端部37'までの距離および右車輪5からロボットボディ26'の左後先端部38'までの距離で決まる領域 a_1 、 b_1 、 c_1 、 d_1 内に壁や障

害物がないときに可能である。第6図によると、このようにUターンするために必要なロボットボディ26'の中心線R-Rから右方向の空間の最小幅 l_1 は、左車輪1'と右車輪5との間隔をW、右車輪5とロボットボディ26'の左前先端部37'との間隔をdとすると、

$$l_1 = \frac{1}{2} W + d \quad \dots (8)$$

となる。したがつて、自走掃除ロボットと壁33との間隔(厳密には、ロボットボディ26'の中心線R-Rと壁33との間隔) l が式(8)で表わされる間隔 l_1 よりも大きいとき、Uターン時に自走掃除ロボットが壁33に当たることはとない。

ステップ11は、 $l > l_1$ の判定とともに、第6図の範囲 a_1 、 b_1 、 c_1 、 d_1 において、壁や障害物が存在するか否かの判定も行なう。

自走掃除ロボットと壁33との間隔 l が l_1 以下になると、上記のようなUターンができなくなり、

壁33のきわに掃除残りが生ずる。

ステップ12, 13, 14, 15から始まる一連の動作はUターン前後のピッチを小さくしてこの掃除残りを少なくするものである。この場合のUターン方法を第7図によつて説明する。同図において、5'はUターン前の右車輪、5''はUターン後の右車輪、26''はUターン途中のロボットボディ、37''はロボットボディ26''の左前先端部であり、第6図に対応する部分には同一符号をつけている。

第7図において、まず、左車輪1'を停止させて右車輪5'を後進方向に駆動し、ロボットボディ26'を左車輪1'を中心にして右方向に旋回させる。この動作は右車輪5'を右後方に引くものである。ロボットボディ26'の中心線R-Rに垂直な方向での右車輪5'の移動量Dを車輪引き幅という。第6図に示したUターンの場合には、右車輪5は停止しているから、車輪引き幅Dは零である。

次に、右車輪が引かれたロボットボディ26''に対し、第6図の場合と同様に、右車輪5''を停止

させて左車輪1'を前進方向に駆動する。これにより、ロボットボディ26''は右車輪5''を中心にして右方向に旋回する。ロボットボディ26''の中心線R'-R'がロボットボディ26'の中心線R-Rに平行となつたとき、すなわち自走掃除ロボットが180°旋回したとき、左車輪1'の駆動を停止させてUターンを終了する。この場合でのUターン前後の自走掃除ロボットの間隔、すなわちピッチBは、左車輪1'と右車輪5'との間隔をWとすると、

$$B = W - D \quad \dots (9)$$

となる。したがつて、第6図の場合よりも狭いピッチでUターンされることになる。このために、Uターン前後の掃除範囲のオーバーラップ量は第6図の場合の量Eよりも大きくなることはいうまでもない。

この場合には、左車輪1'と左後先端部38'との間の距離、右車輪5'と左前先端部37'、左後

先端部38'との間の距離、ロボットボディ26'の長さ、ロボットボディ26'に対する右車輪5'、左車輪1'の位置、車輪引き幅Dなどによつて決まる範囲 a_2, b_2, c_2, d_2 内に壁や障害物がないときにUターンが可能となる。

また、第7図から明らかなように、右車輪5'と左前先端部37'との距離をdとすると、ロボットボディ26の中心線R-Rから右方向の空間幅 l と車輪引き幅Dとの関係が、

$$l > d + (W - D) - \frac{W}{2} = d + \left(\frac{W}{2} - D \right) \quad \dots (10)$$

(但し、Wは左車輪1'と右車輪5'との間隔)であるとき、第7図で示すUターンを行なつても自走掃除ロボットは壁33に当たることはない。

そこで、自走掃除ロボットと壁33との間隔 l が式(10)で表わされる値 l_1 以下となつたとき、式(10)を満たすようにこの間隔 l に応じて車輪引き幅Dを

設定し、第7図に示したようにUターンを行なうことにより、ピッチを小さくしてUターンができ、壁33のきわまで掃除出来る。

この実施例では、第1図のステップ12~15に示すように、値 l_1 以下で自走掃除ロボットと壁33との間隔 l がとる範囲を4つに区分し(すなわち、 $l_1 \geq l > l_2, l_2 \geq l > l_3, l_3 \geq l > l_4, l_4 \geq l > l_5$)、各区分毎に、夫々 l_2, l_3, l_4, l_5 に対して式(10)を満足する車輪引き幅 D_2, D_3, D_4, D_5 を設定している。

そこで、いま、自走掃除ロボットと壁33との間隔 l が $l_1 \geq l > l_2$ の範囲にあるとすると、これであることがステップ12で判定され、ステップ22で車輪引き幅Dが値 D_2 と設定される。この間隔 l が値 l_2 以下の他の範囲にあつてステップ13~15のいずれかでこれであることが判定されると、これに応じた車輪引き幅 $D_3 \sim D_5$ のいずれかがステップ23, 24あるいは25で設定される。式(10)から車輪引き幅Dが大きくなるに従い間隔 l が小さくなり自走掃除ロボットが壁33により近接した状

態でUターンが可能であるが $D = W$ のときには、走径経路をもどることになるから、ステップ15での ℓ を $d - W/2$ よりも若干大きく、かつステップ25の D を W よりも若干小さく設定する。なお、 $\ell > \ell_1$ の場合には、ステップ11でこれが判定され、ステップ21で車輪引き幅 D が値0の D と設定される。

もちろん、ステップ12~15でも、ステップ11と同様に、第7図における範囲 a_1, b_1, c_1, d_1 内に壁もしくは障害物があるか否かの判定も行なう。

なお、左方向にUターンする場合も同様である。

ところで、以上のようなUターンを行なう場合、ロボットボディ26'、26''を旋回されることから、Uターン終了後には、第7図に示すように、ロボットボディ26''と壁33との間に幅 N の隙間が生じ、この部分が掃除残りとなる。この幅 N は、ステップ11~15のいずれのUターンを行なうようにしても、

$$N \geq d - \frac{W + w}{2} \quad \dots 00$$

止する。

かかる一連の旋回により、右車輪5'は左車輪1'と平行な方向に同量だけ引かれている。かかる旋回後の左車輪1'、右車輪5'の進行方向(中心軸 $R-R$)に垂直な方向の移動量 C を両車輪引き幅という。

ロボットボディ26'の長さ、ロボットボディ26'に対する左車輪1'、右車輪5'の位置関係などで決まる後進旋回に必要な空間範囲 a_1, b_1, c_1, d_1 内に壁や障害物がないときに、後進旋回が可能となる。また、左車輪1'とロボットボディ26'の右後先端部39'との間隔を d' とし、両車輪1', 5'の間隔を W とすると、ロボットボディ26'の中心軸 $R-R$ から壁33までの間隔 ℓ と両車輪引き幅 C との関係が、

$$\ell > d' + \left(C - \frac{W}{2} \right) \quad \dots 02$$

であるとき、自走掃除ロボットは壁33に当たらな

となる。但し、 d, W は第6図で示される幅であり、また、 w はロボットボディ26の幅である。

ステップ15~20から始まる一連の動作は、この幅 N の隙間の掃除残しをも失くすようにするものである。これは、ロボットボディ26を後進走行させながら壁33のきわに寄せるものである。以下、この動作を後退旋回と呼ぶことにする。

以下、第8図によつて後退旋回動作を詳細に説明する。ここでは、進行方向に対して右側にある壁33に自走掃除ロボットをよせるものとする。

まず、ロボットボディ26'に対し、右車輪5'を停止させて左車輪1'を後進駆動する。これにより、ロボットボディ26'は右車輪5'を中心にして左方向に旋回する。このとき、左車輪1'は右後方に引かれたことになる。次に、旋回したロボットボディ26'の左車輪1'を停止させて右車輪5'を後進駆動させる。これにより、ロボットボディ26'は左車輪1'を中心にして右方向に旋回する。この旋回はロボットボディ26'の中心軸が旋回前の中心軸 $R-R$ と平行になったときに停

い。そこで、ロボットボディ26'と壁33との間隔がステップ15での値 ℓ_1 よりも小さいとき、式02を満たすように間隔 ℓ に応じて両車輪引き幅 C を設定し、第8図に示すように後退旋回を行なつた後、ロボットボディ26''を矢印方向に後進走行させることにより、壁33のきわの掃除残しをなくすることができる。

この実施例では、第1図のステップ16~20に示すように、値 ℓ 、以下のロボット本体26と壁33との間隔 ℓ がとる範囲を $\ell_1 \geq \ell > \ell_1, \ell_2 \geq \ell > \ell_1, \ell_3 \geq \ell > \ell_1, \ell_4 \geq \ell > \ell_1, \ell_5 \geq \ell > \ell_1$ の5つに区分し、各区分毎に、 $\ell_1, \ell_2, \ell_3, \ell_4, \ell_5$ に対応して式02を満たす両車輪引き幅 C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 を設定している。

そこで、いま、ロボットボディ26'と壁33との間隔 ℓ が $\ell_1 \geq \ell > \ell_1$ であるとすると(ステップ11~15では「no」と判定している)、これであることがステップ16で判定され、ステップ26で両車輪引き幅 C が値 C_1 と設定される。ステップ17~20のいずれかで「yes」と判定された場

合にも、それに応じてステップ27~30のいずれかで両車輪引き幅Cが値 C_1 、 C_2 、 C_3 または C_{10} に設定される。もちろんこのとき、ステップ16~20では、第8図で示した後進旋回に必要な空間範囲 a_2 、 b_2 、 c_2 、 d_2 内に壁もしくは障害物があるか否かの判定も行なう。

ここで、第6図~第8図でのロボットボディ26'に対し、長さを80cm、幅を50cm、各車輪1'、5'の直径を10cm、車輪1'、5'の間隔を30cm、ロボットボディ26'の前先端から車輪軸までの距離を50cm、ロボットボディ26'の後先端から車輪軸までの距離を30cmとしたときの第1図の間隔 l_1 ~ l_{10} の値と車輪引き幅 D_1 ~ D_5 、 C_1 ~ C_{10} の値の一具体例を次表に示す。

(以下余白)

旋回の種類	壁までの距離	車輪引き幅
Uターン	$l_1 = 75\text{cm}$	$D_1 = 0\text{cm}$
	$l_2 = 70\text{cm}$	$D_2 = 5\text{cm}$
	$l_3 = 65\text{cm}$	$D_3 = 10\text{cm}$
	$l_4 = 60\text{cm}$	$D_4 = 15\text{cm}$
	$l_5 = 55\text{cm}$	$D_5 = 20\text{cm}$
後進旋回	$l_6 = 50\text{cm}$	$D_6 = 15\text{cm}$
	$l_7 = 47\text{cm}$	$D_7 = 12\text{cm}$
	$l_8 = 44\text{cm}$	$D_8 = 9\text{cm}$
	$l_9 = 40\text{cm}$	$D_9 = 6\text{cm}$
	$l_{10} = 36\text{cm}$	$D_{10} = 3\text{cm}$

以上がステップ11~30の説明である。なお、左方向の壁に寄せる場合も同様である。

ステップ31では、ステップ21~25のいずれで設定された車輪引き幅Dに応じて第6図あるいは第7図に示したようなUターンを開始させる。

ステップ32では、ステップ26~30で設定された両車輪引き幅に応じて第8図に示したような後進

旋回を行なわせる。

ステップ31、32の処理が終了と、ステップ2に戻る。

以上のステップ8~32の一連の処理は、ステップ6で前方に壁もしくは障害物があつて自走掃除ロボットが直進走行できなくなつたとき、Uターンあるいは後進旋回を開始させるまでのものである。したがつて、ステップ6で「yes」と判定されたときに、ステップ8~32の一連の処理は1回しか行なわれない。

ステップ31あるいは32の処理によつて自走掃除ロボットがUターンあるいは後進旋回を開始すると、ステップ9で既にUターン中フラグがセットされているので、ステップ5でこれが判定され、ステップ33に進む。

ステップ33では、ジャイロ16(第2図)のデータをもとに、Uターンあるいは後進旋回が終つたか否かの判定を行なう。この判定はジャイロ16(第2図)からの角度情報をもとにして行なう。Uターンのときには、自走掃除ロボットが180°

方向転換したときに、後進旋回のときには、ロボットボディ26の中心線が後進旋回前の中心線と平行になつたときに夫々Uターンが終了したと判定する。

Uターン中あるいは後進旋回中では、ステップ2、3、4、5、33の一連の処理が繰り返し行なわれ、これらの動作中も自走掃除ロボットの自己位置座標と壁や障害物の位置座標が作成されてメモリ27b(第3図)に格納される。そして、Uターンあるいは後進旋回が終了すると、ステップ34でUターン中フラグがリセットされ、再びステップ2から処理が始まつて直進走行を開始させる。

以上の処理により、自走掃除ロボットは第9図に示す走行経路32に沿うように走行制御される。すなわち、自走掃除ロボットは、壁33から充分離れているときには、直進走行と第6図に示したUターンとの交互の繰り返しにより、ピッチAでジグザク走行し、壁33に近づいてこのUターンができなくなる点40に達すると、第7図に示したように、選択された車輪引き幅DでピッチBのUター

ンを行なう。そして、点41に達して壁33との間に距離 L_2 、 $\sim L_1$ がある場合には、第8図に示した後退旋回を行ない、これらが終了した点42から直進走行して壁33のきわまで掃除を行なう。

自走掃除ロボットは、点43に達すると、もはやUターンや後退旋回ができなくなる。この場合には、ステップ11～20では全て「no」と判定され、ステップ35に進む。

このステップ35では、室内全体での掃除が終了した否かを判定する。この判定は、メモリ27b(第3図)で形成された情景地図と自走掃除ロボットが走行した経路とから未掃除エリアを探すことによつて行なわれる。第9図の場合には、掃除が終わつたものと判定されるが、室内に障害物がある場合には、その後の部分が未掃除エリアとなり、部屋が四角形でない場合などでは、未掃除エリアが存在する場合がある。

ステップ36では、ステップ35で未掃除エリアが見つかり、自走掃除ロボットをその未掃除エリアに走行させる。

のであつてよいことは明らかである。

(発明の効果)

以上説明したように、本発明によれば、自走ロボットを壁ぎわや障害物のきわまで簡単かつ正確に接近させることができ、該自走ロボットに設置される掃除機などの作業機器を制御することなく、壁ぎわや障害物のきわまでの作業が可能となるものであつて、作業機器の機構部や駆動部の簡略化が図かれて該自走ロボットの小型、軽量化や消費電力の削減が達成できるし、作業機器の位置や駆動タイミングを考慮することなしに自走ロボットの制御が可能となるものであるから、自走ロボットの走行方法の判断や決定を迅速に行なうことができるし、さらに、該自走ロボットの小型、軽量化にともない、部屋の壁や障害物に対応した該自走ロボットの動作変化を迅速に行なえ、作業時間を大幅に短縮できる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明による自走ロボットの走行制御方法の一実施例を示すフローチャート、第2図は

ステップ36からはステップ1に戻り、未掃除エリアに対して上記の動作が行われる。

以上のように、この実施例では、自走掃除ロボットを壁ぎわや障害物のきわまで簡単かつ正確に接点させることができ、壁や障害物のきわの掃除のやり残しをなくすることができる。また、従来技術のような進行方向に対して横方向に動く吸引口ブラシなどの機構部が不要となり、吸引口ブラシの位置や駆動のタイミングを考慮しなくてよいので、走行方法の判断や決定に要する時間を短縮できるし、ロボットボディも小型化にできる。したがつて、超音波レーダで得られるまわりの壁や障害物の位置データ及び情景地図データの変化にすばやく対応できることになる。さらに、吸引口ブラシなどの駆動が不要なので、消費電力を削減できて経済的になる。

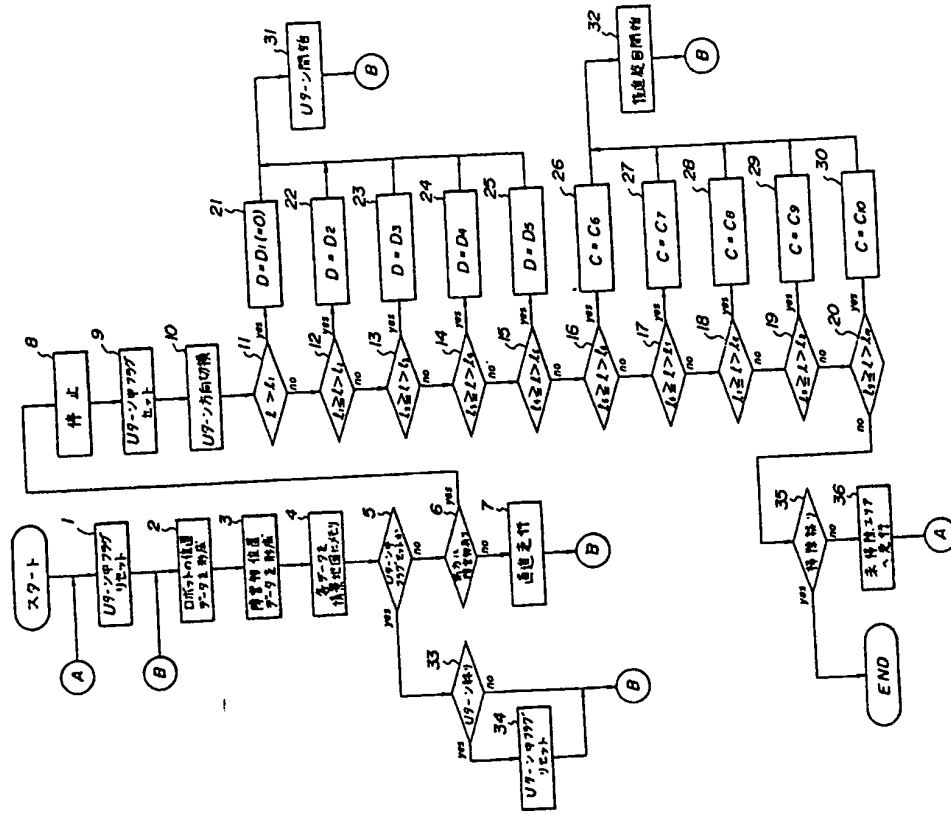
なお、第5図～第8図で壁について説明したが、障害物であつても同様である。また、上記実施例では、自走ロボットとして掃除機を搭載したものとしたが、塗装を行なうなど他の作業を行なうも

自走ロボットの一具体例を示す構成図、第3図は第2図に示した自走ロボットにおける走行制御系の全体を示すシステムブロック図、第4図は自走ロボットの自己位置座標および壁や障害物の位置座標を得る方法を示す説明図、第5図は第3図におけるメモリで画かれる情景地図と自走ロボットにおけるメモリで示す説明図、第6図および第7図は夫々自走ロボットのUターン方法を示す説明図、第8図は自走ロボットの後退旋回方法を示す説明図、第9図は自走ロボットの走行方法の一例を示す説明図である。

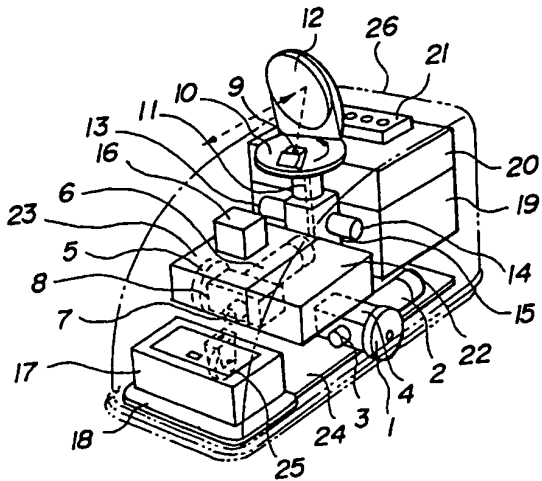
1, 1', 1''…左車輪、3…左車輪用エンコーダ、5, 5', 5''…右車輪、7…右車輪用エンコーダ、9…超音波送受信器、12…パラボラアンテナ、13…超音波レーダ回転モータ、14…超音波レーダエンコーダ、16…ジャイロ、17…掃除機、20…走行制御部、26, 26', 26''…ロボットボディ。

代理人 弁理士 武 顯次郎(外1名)

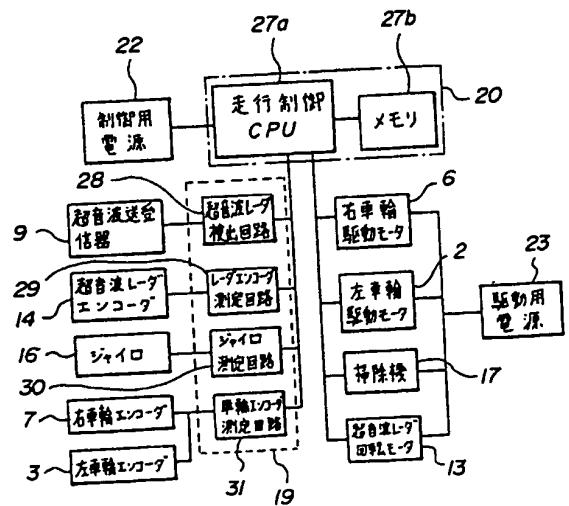
第1図



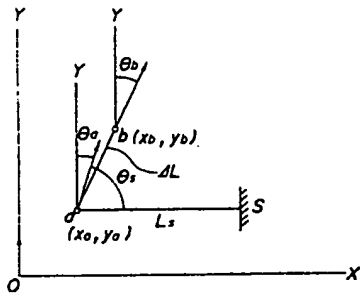
第2図



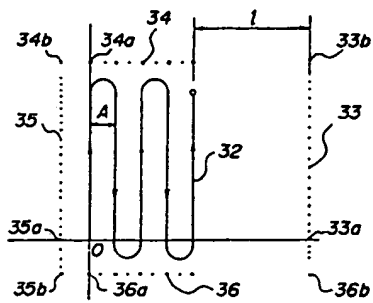
第3図



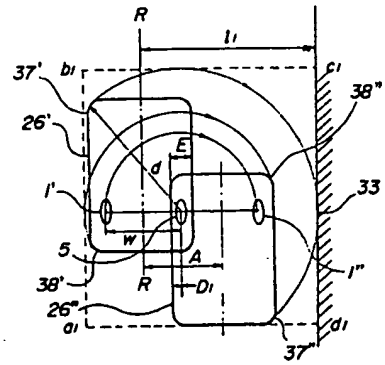
第 4 図



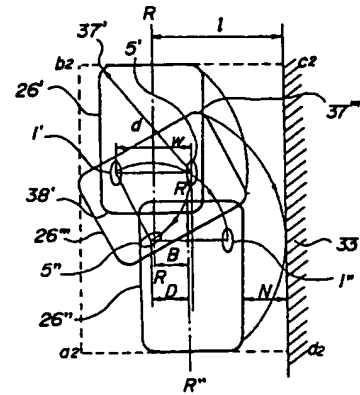
第 5 図



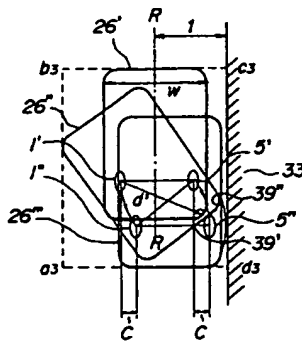
第 6 図



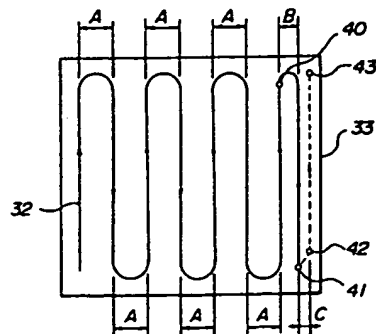
第 7 図



第 8 図



第 9 図



THIS PAGE BLANK (USPTO)